

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11111680
PUBLICATION DATE : 23-04-99

APPLICATION DATE : 30-09-97
APPLICATION NUMBER : 09282688

APPLICANT : APPLIED MATERIALS JAPAN INC;

INVENTOR : ISHIKAWA YOSHIO;

INT.CL. : H01L 21/3065

TITLE : ETCHING METHOD

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance selective ratio for resist, without damaging the machining shape by irradiating a silicon oxide layer with plasma of an etching gas, containing at least fluorocarbon and a compound of organic silane.

SOLUTION: A silicon oxide layer is irradiated with ions generated from plasma of an etching gas containing at least fluorocarbon and a compound of organic silane in order to etch the silicon oxide. Since fluorocarbon generates ions having high etching rate, e.g. CF_2^+ , CF_3^+ or $C_2F_4^+$, with an appropriate electronic energy in plasma, a saturated chain compound having chemical bond which easily generates ions is suitably employed. An alkyl group or an alkoxy group is suitably employed as the organic group of an organic silane compound from the view point of safety, and an organic silane compound of 8C or less, suitably 1-4C, is employed.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-111680

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/3065

識別記号

F I

H 0 1 L 21/302

F

審査請求 未請求 請求項の数 9 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-282688

(22) 出願日

平成9年(1997) 9月30日

(71) 出願人 597146145

堀池 靖浩

埼玉県川越市鯨井2100

(71) 出願人 391024021

アブライドマテリアルズジャパン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目7番1号

(72) 発明者 堀池 靖浩

埼玉県川越市鯨井2100

(72) 発明者 堀岡 啓治

東京都新宿区西新宿2丁目7番1号 アブ

ライド マテリアルズ ジャパン株式会社

内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外6名)

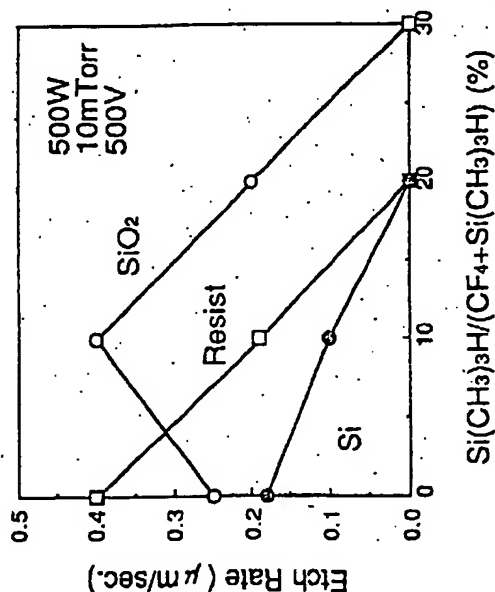
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 エッチ・ストップを抑制しつつ、マスク用レジストのエッチング化学種への耐久性を増大させる。

【解決手段】 フルオロカーボンと、有機シラン化合物とを少なくとも含むエッチングガスをプラズマ化して、該イオン化により生じたイオンを酸化シリコン層に照射して、該酸化シリコン層のエッチングを行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フルオロカーボンと、有機シラン化合物とを少なくとも含むエッチングガスをプラズマ化して、酸化シリコン層に照射することを特徴とするエッチング方法。

【請求項2】 前記有機シラン化合物が、テトラメチルシラン(TMS) $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$ 、トリメチルシラン $\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$ 、およびジメチルシラン $\text{SiH}_2(\text{CH}_3)_2$ からなる群から選ばれた1種以上からなる請求項1記載のエッチング方法。

【請求項3】 前記フルオロカーボンが CF_4 からなる請求項1記載のエッチング方法。

【請求項4】 前記エッチングガスが、前記フルオロカーボンと、7～15% (フルオロカーボンを基準) の前記有機シラン化合物とからなる請求項1記載のエッチング方法。

【請求項5】 前記エッチングガスが、前記フルオロカーボンが酸素結合を含有するガスか、又は前記有機シラン化合物が酸素を含有するガス、又は両方のガスとからなる請求項1記載のエッチング方法。

【請求項6】 前記エッチングガスのプラズマからイオンを照射する請求項1記載のエッチング方法。

【請求項7】 前記エッチングガスを誘導結合プラズマ(ICP)、ヘリコン波プラズマ(HWP)、電子サイクロトロン共鳴(ECR)、中性磁気ループ放電(NLD)、表面波プラズマ(SWP)などの高密度プラズマ生成法によりプラズマ化する請求項5記載のエッチング方法。

【請求項8】 エッチング速度の比(SiO_2/Si)が、20以上である請求項1記載のエッチング方法。

【請求項9】 エッチング速度の比(レジスト/ SiO_2)が、1/4以下である請求項1記載のエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、酸化シリコン層のエッチング方法に関し、より詳しくは、エッチングによる加工形状を損なうことなくレジストに対する選択比を向上させたエッチング方法に関する。

【0002】本発明のエッチング方法によれば、エッチング・プロセスの途中で該エッチングがストップする現象(いわゆるエッチ・ストップ)を抑制しつつ、エッチング・マスク用のレジストのエッチング化学種への耐久性を増大させることが可能となる。

【0003】

【従来の技術】近年ますます高度化するLSIの集積化に伴い、2層以上の多層にわたる配線の重要性は、増大の一途を辿っている。このような多層配線においては、該多層配線を接続するために、酸化シリコン等からなる絶縁膜(層間絶縁膜)にコンタクトホール(ないしスル

ーホール)を形成することが必須となる。

【0004】上記したLSIの更なる集積化(レジストからなるマスクパターンの微細化)に伴い、このようなコンタクトホールの寸法(径)の微細化が、当然に要求される。加えて、高集積化LSI形成のためには、CMP(chemical mechanical polishing)等を用いる平坦化工程の採用がほぼ必須となるため、該平坦化の以前の層間絶縁膜の厚さは、むしろ増大する傾向にある。これにより、上記コンタクトホールに対して、より「間口の狭い深いホール(孔)」であることが要求される傾向が顕著となって来ている。

【0005】換言すれば、LSIの集積化(上記したパターンの微細化と、層間絶縁膜の厚さ増大との両方)により、従来よりも極めて高いアスペクト比(深さ/ホール径比)を実現するようなエッチングが要求され、しかも、該ホールの底部と上部の寸法の差を出来る限り小さくするために、より「垂直」な加工形状が要求される。

【0006】また、エッチングプロセスの途中(例えば、酸化シリコン層の途中)でエッチングが停止する現象(エッチ・ストップ)が生じたのでは、コンタクトホールの形成が不可能となるため、該エッチ・ストップの防止が、上記とともに極めて重要であることは言うまでもない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記エッチ・ストップの原因は、エッチング中にホール内に正電荷が蓄積し、入射正イオンのエネルギーが減少し、ホール内に入ったフルオロカーボンラジカルによって堆積したポリマー膜を除去ができなくなった時に起こると考えられている。この防止には、エッチングに寄与する化学種(イオン等)を、より高エネルギーのものとするか、あるいはエッチング・ガスたるフルオロカーボンに酸素を含むガスを添加し、重合膜を酸化して除去することが行われて来た。

【0008】しかしながら、単に、より高エネルギーの化学種を用いたり、あるいは酸素を添加することは、エッチ・ストップの防止には有効であるが、高エネルギーのエッチング化学種や酸素原子が、酸化シリコン層上のマスク材料たるレジスト層をも激しく侵食して(削って)しまい、このようなレジスト層のパターン開口部の水平方向(平面方向)への侵食により、平面的なマスク・パターンが変化してしまう危険性が大きくなる。

【0009】他方、マスク材料として酸化シリコン層上に配置されるレジスト層は、LSI集積度の向上に必要な高い「解像度」を得るために、むしろ薄くすることが強く要請されている。このような「レジスト層の薄層化の要請」が相まって、エッチング・プロセスにおけるレジスト層の侵食は、極めて深刻な問題となっている。

【0010】本発明の目的は、上記した従来の問題点を解消したエッチング方法を提供することにある。

【0011】本発明の他の目的は、加工形状を損なうことなくレジストに対する選択比を向上させたエッチング方法を提供することにある。

【0012】本発明の更に他の目的は、エッチ・ストップを抑制しつつ、マスク用レジストのエッチング化学種への耐久性を増大させるエッチング方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明者は鋭意研究の結果、フルオロカーボンに対して、（従来堆積用ガスとして使用されて来た）有機シランを添加してなるエッチング・ガスをを用いることが、上記課題の解決に極めて効果的なことを見出した。

【0014】本発明のエッチング方法は上記知見に基づくものであり、より詳しくは、フルオロカーボンと、有機シラン化合物とを少なくとも含むエッチングガスをプラズマ化して、酸化シリコン層に照射することとを特徴とするものである。

【0015】本発明者の知見によれば、上記構成を有する本発明の酸化膜エッチング方法においては、Si原子と、C原子と、H原子とを共に有する分子である有機シランのフルオロカーボンからなるエッチング・ガスへの添加により、エッチング・プロセス途中においてレジスト上に、有機シラン由来のSi原子やC原子が堆積して、該レジストのエッチング化学種への抵抗性を向上させると推定される（このようなレジスト上へのSiやC原子の堆積は、例えば、X線電子分光法（XPS）等によって確認可能である）。

【0016】本発明者の知見によれば、上記の作用と組み合わせられて、有機シラン由来のC原子がエッチング・ガス中の好適なC/F比（エッチングにより形成中のホール内への、炭素リッチなポリマーを堆積させて下地Siとの選択比を向上させる）を与え、しかも、有機シラン由来のH原子が（フルオロカーボン由来の）F原子と反応して、HF分子としてF原子を除去するスクベンジャーとして機能するために、高アスペクト比のエッチングが可能となると推定される。

【0017】換言すれば、上記有機シランを構成する3種類の原子による有機的な協同作用が組み合わせられて、ホールの加工形状を損なうことなくレジストに対する選択比が向上するのみならず、エッチ・ストップを抑制しつつ、エッチング・マスク用のレジストのエッチング化学種への抵抗性が増大するものと推定される（上記したようなエッチ・ストップの推定メカニズム等については、例えば、堀池靖浩「USL1高アスペクト比エッチング技術の現状と展望」電学論A、第117巻第10号、第101頁（1997年）を参照することができる）。

【0018】ここに、上記「アスペクト比」とは、エッチングにより形成されたパターン（例えば、コンタクト

・ホール）の（深さ/ホール径）の比をいう。

【0019】これに対して、フルオロカーบอนをエッチングガスとして用いる従来のエッチング方法においては、上記した「3つの効果の組み合わせ」（特に、F原子の除去と、好適なC/F比）がないことに基づく、ホール内へのF原子含有ポリマーの堆積ないしはエッチング・ストップによる加工形状の精度低下、および/又は、該「3つの効果の組み合わせ」（特に、F原子のトラップと、Si原子の堆積によるレジストの保護）がないことに基づく、レジスト層の極端な侵食が生じていたものと推定される。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、必要に応じて図面を参照しつつ本発明を更に具体的に説明する。以下の記載において量比を表す「部」および「%」は、特に断らない限り重量基準とする。

【0021】（エッチング方法）本発明のエッチング方法においては、フルオロカーボンと、有機シラン化合物とを少なくとも含むエッチングガスをプラズマ化し、該プラズマ化により生じたイオンを（通常は、その上に所定のパターンのレジストからなるマスク層が配置されてなる）酸化シリコン層に照射することにより、該酸化シリコンをエッチングする。

【0022】（フルオロカーボン）本発明において使用可能なフルオロカーボンは、所定のエッチング条件下で気体状となり、且つ、後述するような所定のC/F比を与えることが可能なフッ素含有化合物（ないし混合物）である限り特に制限されず、公知のフルオロカーボンから適宜1種類以上を選択して用いることが可能である。

【0023】該フルオロカーボンは飽和化合物、不飽和化合物、又はその環状、鎖状であってもよいが、プラズマ内の適当な電子エネルギーによりエッチング率の高いCF₂⁺、CF₃⁺、C₂F₄⁺などのイオンを生成する点からは、CF₂、CF₃、C₂F₄などを生じ易い化学結合を有する鎖状飽和化合物の方が好ましい。また、H/Fが1/3以下（好ましくは1/8以下）の範囲である限り、該フルオロカーボンは水素原子をも含有していてもよい。ポリマー堆積の抑制の点からは、フルオロカーボンの炭素数は、5以下（更には4以下）であることが好ましい。

【0024】上記フルオロカーボンは、必要に応じて、他の原子（例えば、O原子）をも含有していてもよい。O原子を含有する場合には、CF₂、CF₃、C₂F₄などを生じ易い化学結合を必要とする点から、該O原子は分子の末端（アルコール酸素）よりも分子の内部（エーテル酸素）であることが好ましい。この場合、CF₂、CF₃、C₂F₄を酸化しF原子が発生することを抑制する点からは、O/C比は6以下（更には4以下）であることが好ましい。本発明者の知見によれば、このような態様において、O原子は、フルオロカーボンのC-F結合

に作用して、C原子に結合してこれをCO、CO₂等として除去するため、結果として、フルオロカーボン由来のポリマー堆積（エッチングによるシリコン酸化膜への開口ないしホール形成を阻害しうる）を抑制するものと推定される。

【0025】上記フルオロカーボンとしては、具体的には例えば、CF₄、C₂F₆、C₃F₈等の飽和パーフルオロカーボン；C₃F₆、C₄F₈等の環状飽和フルオロカーボンやCHF₃、CH₂F₂、C₂HF₅、C₂H₂F₄等の水素含有フルオロカーボンが挙げられる。中でも、ポリマー堆積を生じるCF₁の発生を抑制する点からは、CF₄やCHF₃が好ましい。

【0026】（有機シラン化合物）本発明において使用可能な有機シラン化合物は、シランSiH₄分子の水素原子の1個以上を有機基で置換した形の化合物である限り特に制限されず、公知の化合物から適宜1種類以上を選択して用いることが可能である。該有機基は、飽和基（アルキル基、アルキルオキシ基等）、不飽和基（アルケニル基等）のいずれであってもよいが、安全性の点からは、アルキル基やアルキルオキシ基等の方が好ましい。ポリマー堆積を抑制する点からは、該有機シラン化合物の炭素数は、8以下（更には4～1）であることが好ましい。

【0027】このような有機シラン化合物としては、例えば、テトラメチルシラン（TMS）たるSi（CH₃）₄、トリメチルシランたるSiH（CH₃）₃、およびジメチルシランたるSiH₂（CH₃）₂、モノメチルシランたるSiH₃（CH₃）、アルキルオキシシランたるSi（OC₂H₅）₄等が挙げられる。中でも、安全性の点からは、テトラメチルシラン（TMS）たるSi（CH₃）₄、トリメチルシランたるSiH（CH₃）₃、およびジメチルシランたるSiH₂（CH₃）₂からなる群から選ばれた1種以上が、特に好適に使用可能である。

【0028】ポリマー堆積を抑制する点からは、本発明に用いるエッチングガスにおいては、上記有機シラン化合物が、フルオロカーボンに対して3～30%（更には7～15%）添加されていることが好ましい。CF₂やCF₃やC₂F₄を多く生じさせる点からは、本発明に用いるエッチングガスにおいては、C/F比が1/4～1/1（更には1/3～1/2）であることが好ましい。

【0029】（酸化シリコン層）本発明においては、エッチングすべき酸化シリコン層の種類、位置等は特に制限されないが、通常は、下地（シリコン層や窒化シリコン層）上に該酸化シリコン層が配置され、更に、該酸化シリコン層上に、所定の平面パターン（例えば、コンタクト・ホールに対応する平面パターン）を有するマスク層（通常、レジスト層からなる）が配置されていることが好ましい。

【0030】上記酸化シリコン層の厚さは、通常は0.1～700μm程度（更には0.3～600μm程度）であることが好ましい。前述したように、該酸化シリコン層が比較的厚い（例えば、厚さ2μm以上の）場合であっても、本発明のエッチング方法によれば好適な高アスペクト比のホールの形成が可能である。

【0031】（マスク層）上記酸化シリコン層上に配置されるべきマスク層は、通常はレジスト層からなる。該レジストの種類等は特に制限されず、公知のものから1種類以上を適宜選択して使用可能である。解像度と耐プラズマ性の点からは、該レジストはエキシマ・レーザ用のもの（特にKrFエキシマ・レーザ用のもの；例えば、東京応化工業社製、商品名：TDURP-007）が好適に使用可能である。

【0032】上記レジスト層の厚さも、特に制限されないが、高集積化LSIを形成容易な点からは、1μm以下（更には、0.5μm以下）であることが好ましい。本発明によれば、前述したように、該レジスト層が比較的薄い（例えば、厚さ0.3μm以下の）場合であっても、レジストのエッチング化学種への耐久性を増大させることにより、精密な加工形状が容易に得られる。

【0033】（エッチング速度の比）本発明のエッチング方法によれば、以下に示すようなエッチング速度ないし該速度の比が容易に得られる。

【0034】＜好適なエッチング速度＞（μm/min）

Si：0.3～∞（更には0.01～∞）

SiO₂：0.2～0.25（更には0.25～0.4）

レジスト：0.2～∞（更には0.01～∞）

＜好適なエッチング速度の比＞

SiO₂/Si：4～∞（更には10～∞）

レジスト/SiO₂：1/2～∞（更には8～∞）

【0035】（反応性イオン発生方法）本発明においては、酸化シリコン層のエッチングに用いる反応性イオンを与える限り、該イオンを生じるプラズマ発生方法は特に制限されず、公知のプラズマ発生方法から適宜選択して用いることが可能である。

【0036】高アスペクト比を実現するための高密度反応性プラズマを利用してイオン化することが有利である。中でも、前記エッチングガスを誘導結合プラズマ（ICP）、ヘリコン波プラズマ（HWP）、電子サイクロトロン共鳴（ECR）、中性磁気ループ放電（NL D）、表面波プラズマ（SWP）などの高密度プラズマ生成法によりプラズマ化する時、大口径均一性、容易にプラズマ生成が可能、無磁場の点からは、ICP法が特に好ましい。

【0037】本発明のエッチング方法に使用可能な反応装置については、基板を収容する反応容器と、フルオロカーボンと、有機シラン化合物とを少なくとも含むエッ

チングガスをこの反応容器に導入可能な導入系と、これらのガスに高い周波数を印加する電極とを有する反応装置である限り特に制限されないが、例えば、図1に模式断面図として示されるようなプラズマ(ICP)イオン化装置が好ましく用いられる。

【0038】

【実施例】以下、実施例により本発明を更に詳細に説明する。

【0039】実施例1

本実施例においては、図1に示す装置ICPプラズマ装置を用いた。

【0040】図1を参照して、この装置においては、260mmφのSUS(ステンレススチール)製反応容器に直径230mm、厚さ10mmの石英板を設置して、RF(13.56MHz)電力を整合器、1巻ループアンテナを介して印加した。該石英は、直径314mm、高さ170mmのSUS製リアクタの上部に取り付けた。ANELVA製360QMS(四重極質量分析計)を改造したAMS(出現電圧質量分析計)は、ウェハのエッチング位置の中央に0.5mmφのオリフィスを空けたSUS板を設け、その下差圧で取り付けした。上記石英板とオリフィス板との距離は100mmに固定した。

【0041】イオン種は浮遊電位でオリフィスに導入され、オリフィス直下に設けた200μmNiメッシュに-50Vのみを印加して測定した。発光分光測定(OES)は反応容器に3mmφの石英棒を挿入することによって測定した。石英管の先端は重合膜の堆積を防ぐためにシーズヒーターで200℃に温めた。ラングミュアプローブを用いて、電子密度(n_e)、電子温度(T_e)、プラズマ空間電位(V_s)、イオン飽和電流(I_s)を測定した。

【0042】SUS円筒(210mmφ)内壁の重合膜堆積を防ぐため、シーズヒーターで200℃に温めたSUS円筒(210mmφ)を反応容器の中に設置し、内壁への重合膜の堆積を防いだ。全ての実験毎に、石英窓、エッチングステージ、内壁表面に堆積した重合膜を酸素灰化により除去した。

【0043】エッチング実験では、自己バイアス(V_{dc})を発生させる100kHzのRF電源をステージを接続し、温度制御されたステージにウェハを取り付けてエッチングした。エッチング圧力は10mTorr、バイアス電圧は500Vとした。また、SiO₂エッチングにはエキシマレーザ露光用レジストマスクを使用した。ICP装置とQMSの最終到達圧力は、それぞれ 5×10^{-7} Torrと、 4×10^{-8} Torrであった。

【0044】エッチングガスとしては、70sccmのCF₄に(該CF₄の重量を基準=100%として)0%、10%、20%および30%のトリメチルシランS

iH(CH₃)₃を加えてなる混合ガスを用いた。

【0045】排気速度3600リットル/secのターボ分子ポンプを用いたが、実効排気速度は950リットル/secであった。滞在時間は実効体積を排気速度で割った値で測定した。

【0046】被エッチング物としては、シリコン層(厚さ:500μm)上に、エッチングすべき酸化シリコン層(厚さ:2μm)が配置され、該酸化シリコン層上に、レジスト(KrFエキシマレーザ用のレジスト、東京応化社製、商品名:TDURP-007)からなるマスク層(厚さ:0.7μm)が配置されたものを用いた。

【0047】上記により、図2のグラフに示す結果が得られた。図2に示すように、酸化シリコンに対するエッチング速度はトリメチルシラン10%で最大となった後に減少した。Siに対するエッチング速度は、単調に減少した一方で、レジストに対するエッチング速度は激減した。

【0048】図3は、CF₄にトリメチルシランを添加したときのイオン種(上図)とラジカル種(下図)の密度変化を示す。トリメチルシランの添加と共にHF+イオンが生成している。これはCF₄から生じたF原子がHFとして除去された結果であり、図2におけるSiのエッチング速度が低下した原因である。またエッチング種のCF₄は減少しないが、CF₃ラジカルが低下している。このためホール内のポリマーの堆積が抑制され、エッチ・ストップが起こらなくなったと考えられる。

【0049】本実施例で得られたコンタクト・ホール形状のSEM(走査型電子顕微鏡:日立製作所製、商品名:S-5000H)写真像を図4(トリメチルシランガス=0%)および図5(トリメチルシランガス=15%)に示す。

【0050】上記図4(トリメチルシランガス=0%)ではレジスト層が無くなり、しかも見られるのに対して、図5(トリメチルシランガス=15%)ではレジスト層の実質的な残存が見られ、しかもホールの開口部分の広がりを実質的に抑制され、精密な加工形状が得られていることが、容易に理解できよう。

【0051】実施例2

実施例1で用いた有機シランガスたるトリメチルシランSiH(CH₃)₃を、テトラメチルシラン(TMS)Si(CH₃)₄に代えた以外は実施例1と同様にエッチングを行ったところ、実施例1とほぼ同様の結果が得られた。

【0052】実施例3

実施例1で用いたフルオロカーボンガスたるCF₄を、C₄F₈に代えた以外は実施例1と同様にエッチングを行ったところ、実施例1とほぼ同様の結果が得られた。

【0053】

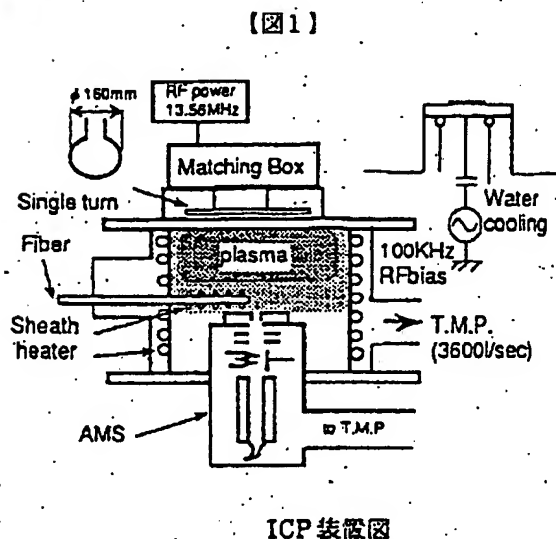
【発明の効果】上述したように本発明によれば、フルオ

ロカーボンと、有機シラン化合物とを少なくとも含むエッチングガスをプラズマ化して、酸化シリコン層に照射することを特徴とするエッチング方法が提供される。

【0054】本発明のエッチングによれば、加工形状を損なうことなくレジストに対する選択比を向上させることが可能となる。更には、エッチ・ストップを抑制しつつ、エッチング・マスク用のレジストのエッチング化学種への耐久性を増大させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のエッチングに使用可能なICP（誘導プラズマ結合）型のエッチング装置の一例を示す模式断面図である。

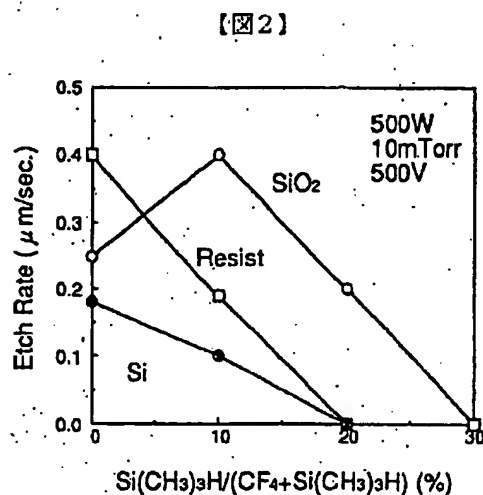


【図2】実施例1で得られた有機シランガスの添加量と、各材料に対するエッチング速度との関係を示すグラフである。

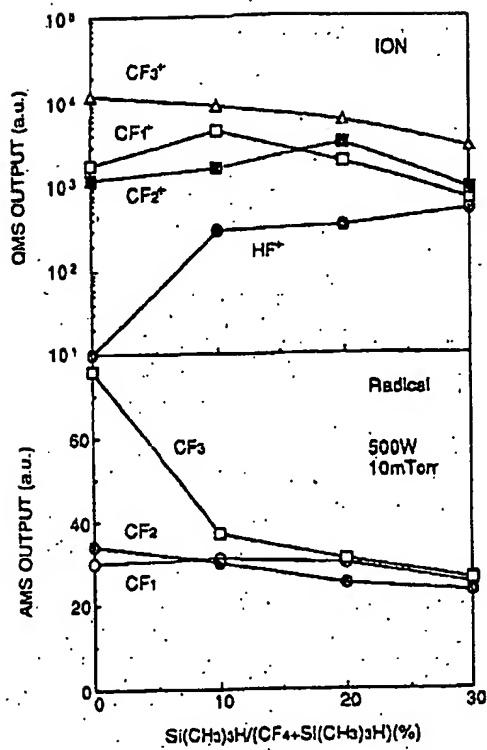
【図3】実施例1で得られたCF₄に有機シランガスの添加量イオン種（上図）とラジカル種（下図）の密度変化の関係を示す。グラフである。

【図4】実施例1（有機シランガスの添加なし）で得られたコンタクト・ホール断面形状を示すSEM写真像である。

【図5】実施例1（有機シランガスを15%の添加）で得られたコンタクト・ホール断面形状を示すSEM写真像である。

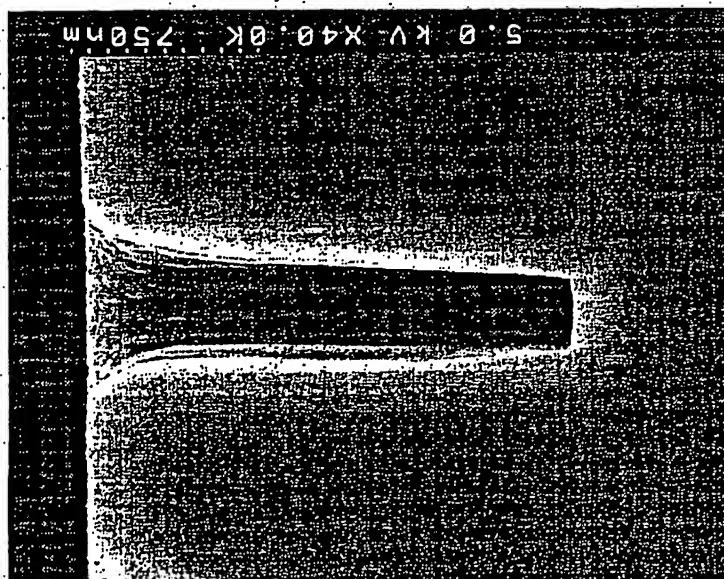


【図3】



【図4】

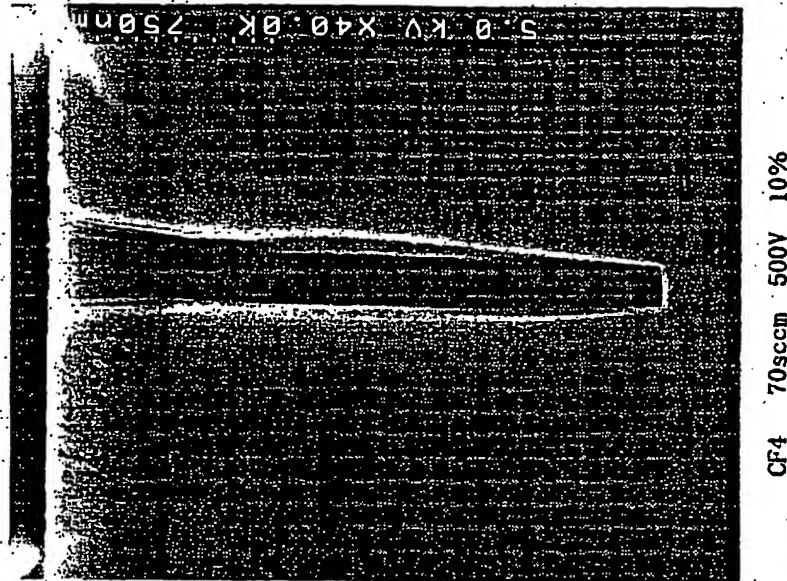
図面代用写真



CF4 70sccm 7% 500V

【図5】

図面代用写真



フロントページの続き

(72)発明者 石川 吉夫
東京都新宿区西新宿2丁目7番1号 アブ
ライド マテリアルズ ジャパン株式会社
内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.